農業氣象之應用與發展
第四章　整合型農業專家管理系統與農業生產
33 - 46, 2001

第四章　整合型農業專家管理系統與農業生產

申　雍

國立中興大學土壤環境科學系

摘　　要 ---------- 34
壹、前　　言 ---------- 34
貳、專家系統基本架構與建置要點 ---------- 35
參、國內外相關專家系統發展現狀 ---------- 39
肆、整合型農業專家系統的初步建置構想 ---------- 41
伍、結　　語 ---------- 43
陸、參考文獻 ---------- 44
英文摘要 ---------- 46

第四章 整合型農業專家管理系統與農業生產

申 雍

國立中興大學土壤環境科學系

摘 要

專家系統具有整合、累積領域專家之知識與經驗的功能，將會逐漸被使用於與農業生產活動中各類需要進行判斷與抉擇的工作。本文中首先指出發展農業專家系統的實用意義，其次介紹專家系統的基本概念與理想架構，以及專家系統的發展現狀，最後則提出建置整合型農業專家系統的初步構想。在規劃新世紀農業生產之相關研究方向時，有關整合型農業專家管理系統之研發工作，應該給予相當程度之重視。

關鍵詞：作物生產、土壤肥料、植物保護、農業氣象、專家系統、資料庫。

壹、前 言

農民經常有類似「我種的作物長不好，是什麼原因造成的？要怎麼做才能長得好？」、「我的土壤應如何改良，才能提高生產力？」、「我應該改種什麼作物，才能獲得較高的利潤？」、…等，如何改良和利用其土地以獲得更高利潤的問題。其中有關「作物長不好的原因及改善方法」方面的特定問題，若問對專家則可以獲得能「對症下藥」的答案；但是有關「如何才能獲得較高利潤」的綜合性問題，則通常很難獲得確切的答案，因爲農作物的產量和品質不僅受作物品種遺傳特性的影響，在作物生育過程中也同時受到氣象、土壤、病蟲害、…等環境因素的影響；而農產品的價格除受品質影響外，還受到供需、儲藏、運銷、…等社會經濟因素的影響。

我國即將加入世界貿易組織(WTO)，國產農產品已面臨市場開放之國際競爭壓力，據農委會估計，在加入世界貿易組織的六年內，將可能有十萬農民失業。因此勢必調整作物生產之種類、數量及型態。農業是一個具有-生產、生態、和生活-三生性質的產業，但若農民因無法獲得適當利潤，而將農地荒蕪甚或毀棄，實非全國人民所樂見。因此在農業發展政策上，除

了維持基本糧食安全需求外，應建立以市場導向之產銷觀念，尤其需藉開發具本土性特有作物產品，達成少量、精緻、多樣化生產之目標，以提昇各項農產品之市場競爭力，藉以達到農業永續經營目標，以維護生態環境和生活的品質(農委會，2001)。

在今日自由經濟盛行與自主意識高漲的台灣地區，若採用由政府單位先規劃生產專區，再輔導農民種植特定規劃作物的方式，則必須具有能承擔農民收益不如預期時的損失，以及可阻止農民一窩蜂搶種具高收益作物的能力，因此似乎並不具實用的可行性。較可行的做法應是開發具有整合性功能的專家管理系統，方能依據作物和當地氣候與土壤之特性、土壤改良和硬體設備之投資、遭受氣象災害損失的風險評估、以及市場價格等因素，提供具潛力的作物名單供農友選擇，然後再輔以適當的栽培管理措施指導、運銷體系規劃等之建議，協助農民開發生產高品質的作物，並增加生產收益，才能提昇國產農產品的競爭力。

由於每個人的知識和經驗都有限，只能就其所熟悉的部分做出建議，而無法有整體性的考量。年長之專家退休後，其畢生累積的經驗與知識，若無法傳承也將逸失。整合型農業專家系統之建立，應可累積並整合多方面專家的知識與經驗，使得推廣人員在現場為農友服務時，能有多方面專家的意見可供諮商與參考，因而可以顯著提高其服務的品質與效率。

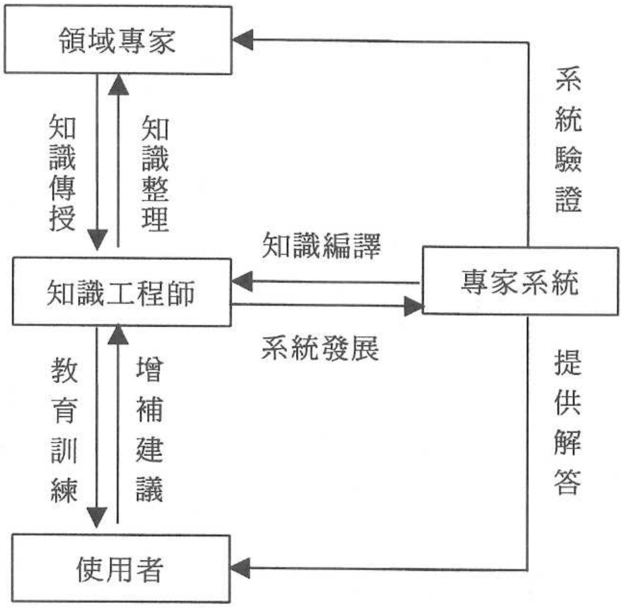
以下將分別描述專家系統的基本架構，以及有關專家系統的發展現況，並提出建置整合型農業專家系統的初步構想，以就教於國內外之專家學者。冀望在開發整合型農業專家管理系統之初，能集思廣益以收事半功倍之效，並聚集志同道合的朋友共同進行開發工作。

貳、專家系統基本架構與建置要點

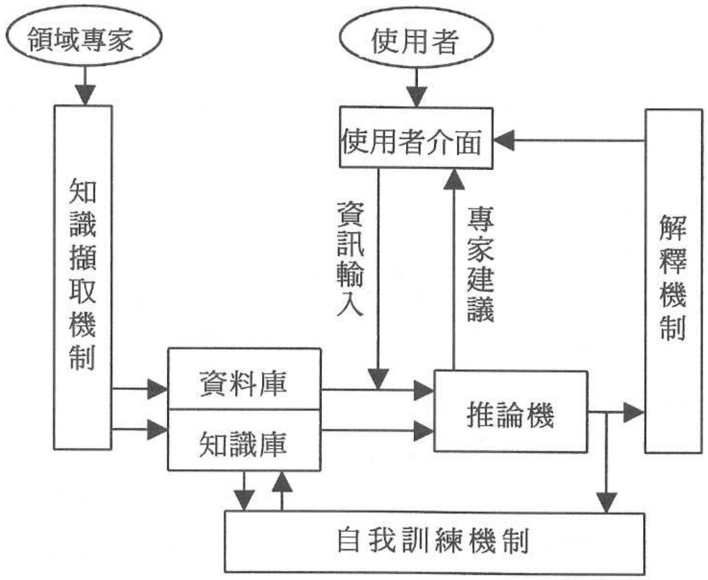
專家系統是能夠利用知識、事實、和推論代替專家處理問題的智慧型電腦程式，屬於人工智慧研究中的一部份，也是人工智慧中應用最成熟的部份(謝，1987；李，1989；Martin and Oxman，1988)。一個發展成熟的專家系統不僅可以代替無法聚在一起的專家以提供其獨到的見解並提出對策，也可以同化多位或多方面專家們的知識與經驗，以提出整合後的建議。使用專家系統的優點包括，1.可以系統化考慮所有細節後作出結論，2.知識的容量可以很大，且不會忘記，3.進行推論時不會受外界環境干擾，4.可以做為新進人員的訓練教材。專家系統不能取代真正的專家，但卻可以成為一個由專家群直接指導生產者的推廣工具，以避免在技術轉移過程中，因技術內容細節被忽略而未達到預期之目標。

建立專家系統需要有領域專家(domain expert)、知識工程師(knowledge engineer)、和使用者(user)三方面相互之配合(圖一)。由領域專家們提供各領域的專業知識與經驗，並就專家系統中建置的知識庫和資料庫提供增補與修正建議。知識工

程師則需瞭解專家系統的技術發展，有能力使用專家系統工具，擷取專家知識並編譯入知識庫中，調整知識庫中的知識，介紹並訓練使用者使用專家系統。使用者則利用系統執行相關工作，以確認系統的可使用性，並提供系統在使用上的修改建議。



圖一、專家系統與領域專家、知識工程師和使用者間關係的示意圖。

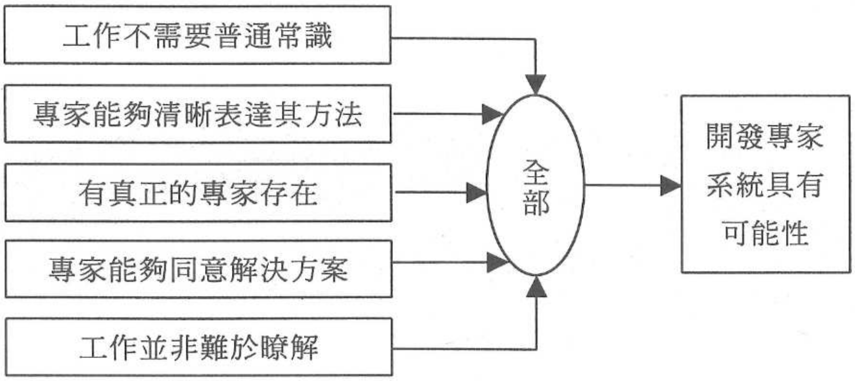


圖二、理想之專家系統基本架構示意圖。

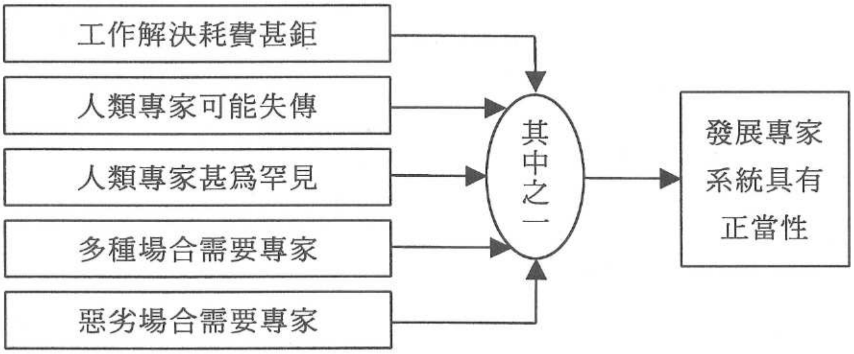
圖二顯示一個理想專家系統的基本架構，分別由使用者介面、資料庫、知識庫、知識擷取介面、推論機、解釋介面、和自我訓練機制等七個基本組成單元所構成(Martin and Oxman，1988)。使用者介面是使用者與專家系統間的橋樑，不僅需將使用者的問題轉成專家系統可理解的形式，同時也是專家系統向使用者提出問題並獲取答案的窗口。資料庫是儲存資料之所在，所儲存的資料多爲相關的背景或基礎資料，主要之目的在減少必須由使用者提供的背景或基礎資料，以避免因背景或基礎資料不足或錯誤而導致推論發生錯誤。知識庫則是儲存專家知識之所在，儲存的方式不僅需要便於存放，也需便於取用。專家系統中常用的知識表達結構(方式)可分爲規則(rules)、架構(frames)、和語意網絡(semantic networks)等三種。知識擷取介面則是將專家知識存入知識庫的部份，一般都是先由知識工程師和專家經長期討論後，將專家的知識進行歸納與整理，並轉爲最合適的知識表達結構，然後經由知識擷取介面，將整理後的知識存入知識庫中，以確保知識庫系統的完整。專家系統中推論機的功能就相當於人類的大腦，推論機利用知識庫中所儲存的知識與資料庫中儲存的事實，配合由使用者提供的訊息，進行推論以回答諮詢者的問題。若推論機所使用的策略改變，則整個專家系統的運作方式亦將隨之變更。如同人類進行推論時，常會視問題的類型採用不同的推理方式，專家系統中常見的推論機制也可分爲向後鍵結(backward chaining)、向前鍵結(forward chaining)、寬度優先搜尋(breadth-first search)、深度優先搜尋(depth-first search)、啓示搜尋(heuristic search)、…等多種。由於進行推論時，對於觀測到的現象常具有某種程度的不確定性，因此專家系統所用的推論機最好也能容許不確定性(uncertainty)的存在，並將推論所得的多種可能答案依據其不確定性的程度進行評比。解釋介面可以在獲得答案後，向使用者說明曾根據哪些規則而推出這樣的結果；也可以在推論的過程中，以交談的方式說明目前的推論結果，以及下一步推論的方向與理由，這是專家系統的特色，不僅可以協助知識工程師的偵錯工作，尤其可以幫助使用者回答問題，並提高使用者的信心。自我訓練機制，則可減少知識工程師與領域專家間溝通間所耗費的時間，並發掘新的診斷規則。

通常擬發展專家系統前應先評估其是否符合「可能」、「正當」、和「適切」三項要素(李，1989)。圖三顯示評估發展專家系統是否具有可能性的要件。有「真正的專家群存在」是發展專家系統的必要條件，經由「真正的專家群」不僅可以提供所需的專家知識，也可以正確引導系統的開發。專家群也必須能共同贊成對問題領域解答的選擇和精確性，否則專家系統可能會對同一問題產生不同的答案，令使用者無所適從。專家群也必須能清楚表達和解釋解決問題的步驟與方法，否則知識工程師將無法將專家的知識加入知識庫中。圖四則顯示通常用以評估發展專家系統是否具有正當性的要件，就擬發展之農業專

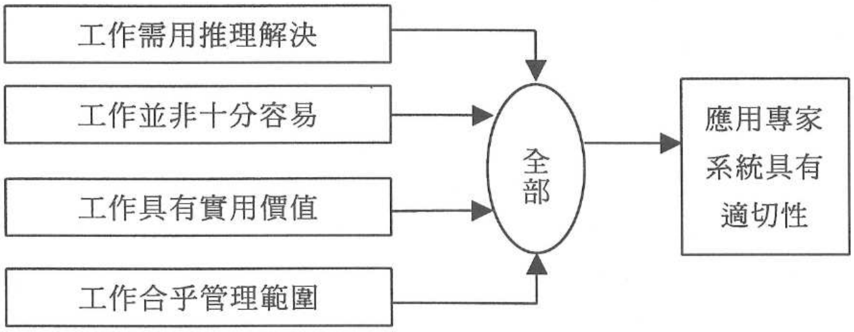
家系統而言，至少符合其中「專家罕見」、「專家需求大」和「專家知識可能失傳」等三項要件。圖五則是評估擬解決的問題是否適合利用專家系統解決的要件。適合用專家系統解決之問題的性質主要以推理爲主，而非數學上的運算；問題也必須具有相當的複雜性，因此不能僅利用傳統之排序方式解決；問題也必須有適當的



圖三、發展專家系統之可能性評估圖。



圖四、發展專家系統之正當性評估圖。



圖五、發展專家系統之適切性評估圖。

範圍，所設定專家系統的目標必須明確且具有實用意義，目標明確方能界定擬解決問題之範圍，而具有實用意義才能獲得足夠的資源以完成擬建置的專家系統。

當擬建置之專家系統完成符合「可能」、「正當」、和「適切」三項要素評估後，則需再依據所定出之擬解決問題的目標與範圍，進一步分析內含有哪些重要的子問題？解決這些問題需要哪些方面的知識？需要哪些重要的基本資料？解決問題時所使用的方法？以及知識和資料間相互的推論關係。然後由知識工程師對領域專家進行訪談，再將必須之知識與基本資料轉入相關知識庫和資料庫中。因而一個好的專家系統不是短時間內即可開發完成的，通常都是在逐步擴充成長下完成的，因爲 1.專家不會記得所有重要及相關的知識，必須使其處於特定情形下，才能記起所忘記的；2.專家也不完全知道所有知識，仍然不斷學習新知；3.知識工程師並不能一次即萃取出各專家所有的相關知識；4.目標與環境一直在改變，相關的新知識必須適時的加入，預期外的情況發生，也需加入新知識；以及 5.當使用者使用並瞭解專家系統後，將會要求更多的功能。

在專家系統程式撰寫方面，一些商用的專家系統開發軟體(expert system shell)已被開發出來(Bourbakis，1993)，包含了必要的程式工具，如使用者介面、推論機制、規則編譯器等，使得專家系統的開發工作更爲簡便。但是由於一個完整之專家系統中需包含多項的功能，其中有些功能不一定內含於擬選用之商用專家系統開發軟體中，因此最好能瞭解多種專家系統開發軟體及其他工具軟體的功能，結合不同功能之軟體搭配使用以取其特點。所以爲便於日後系統功能的擴充和修改，整個專家系統最好能由許多具獨立功能的模組整合構成，而各模組所儲存或取得的資料與/或知識及其內含的功能都必須可以被呼叫的模組所利用。專家系統也應盡量利用通訊和網路事業發展所帶來的便利，以提高專家系統的服務效率，因此各類基本資料庫和知識庫均可留置於伺服主機上，不僅利於資料庫和知識庫的更新、維護、與管理，使用者也可經由連線取得最新的資訊與專家建議或上傳相關之產地資訊。系統之中文化也很重要，才能方便使用者應用與瞭解專家建議的內涵與精神。專家系統運作過程中，也必需能隨時查詢所使用到的專家知識與基本資料是由哪些專家及單位所提供，不僅便於系統的改進，同時也可讓使用者對這些專家和單位的貢獻有所認知。

參、國內外相關專家系統發展現狀

自 1960 年代美國史丹佛大學成功發展分子結構判釋系統(DENDRAL)和腦膜炎及血液傳染病診斷系統(MYCIN)之後，專家系統已在醫學、化工、電腦、教育、法律、管理、生物、軍事、農業、…等領域蓬勃發展(謝，1987；李，1989；Martin and Oxman, 1988；Barrett and Jones, 1989；Tuthill, 1993)。在農業專家系統方面，自從美國伊利諾大學的大豆病害診斷系統 PLANT/ds 開發後(Michalski *et al.*, 1982)，

近年來國外在農業方面的所發展的專家系統已含括作物營養診斷、病蟲害管理、土壤管理、栽培管理、作物推薦、經濟分析、採收後處理、…等多類應用方向(e.g. Roach *et al*., 1985；Lemmon，1986；Thieme, *et al*., 1987；Plant *et al*., 1989；Clark *et al*., 1990；Pagano and Monari, 1990；Plant and Stone, 1991；Lauer, 1995；Thomas *et al*., 1995)。這些已開發的農業方面之專家系統多數均採用規則(rule-based)的方式進行推論，以處理作物生產中的一些定性的知識和專家的經驗。在基本資料庫方面，國外已有聯合國糧農組織(FAO)發展的 ECOCROP1 (ECOCROP1, 2001)，該資料庫內目前含有 1710 種作物，可提供適合作物生長的氣候、土壤等資訊之查詢；澳洲 CSIRO 則提供有約 150 種園藝作物的資料庫，除了提供適合作物生長之氣候與土壤資訊外，還包含氣象逆境發生的條件、栽培管理、儲運、病蟲害等資訊(Hackett and Carolane, 1982)；…等大型作物資料庫，可做爲自行發展作物資料庫時參考。

國外應用專家系統之經驗指出(Thomas, 2001)，若不利用專家系統，生產者可正確辨認果樹營養和病蟲害的比率僅有 29%，若使用專家系統則正確辨認的比率可提高達 50%，因此專家系統確可提高生產者的診斷能力。而農業推廣人員與真正的果樹專家在不使用和使用專家系統狀況下的辨認正確率，則分別爲 67%和 61%以及 70%和 64%，顯示該專家系統並不能提昇推廣人員或專家的診斷正確性，仍有改進的空間。但是，所有測試者均認爲該專家系統很具有管理與教育的價值。

中國大陸自 1992 年開始推動「智能化農業專家系統」的發展，主要根據農作物的種類、耕地的條件及自然氣候等因素，經由知識庫中農業專家的知識，指導農民進行生產作業。1996 至 1998 年間在北京、雲南、安徽、吉林四個省市開展了以農業專家系統爲核心的「智能化農業信息技術應用示範工程」，探索利用專家系統於農業生產的發展模式。到 2000 年，已建立了 20 個示範區、推廣了實用農業專家系統 156 個(錢，2001)。

台灣地區內以往有關農業方面專家系統之開發並不多見，據瞭解僅進行過稻田轉作土壤改良專家系統(Shen and Yang, 1991)、甘蔗營養診斷系統(申，1992。未發表)、…等少數之零星開發研究。雖然以往並未積極從事專家系統之建置，許多專家的經驗與知識已存在於各式農業圖鑑，農林廳及各農業試驗改良場所出版的作物栽培技術手冊，農業雜誌和書籍，以及農業研究人員發表之各式研究報告與出版品中，部份的基本資料庫也已開始電子化。可做爲知識與基本資料庫來源的國內發表資料部份已列於表一，這些知識和基礎資料若能適當整理，將可成爲建置整合型農業專家系統的基礎。至於發展專家系統所需的人力部份，雖然多所大學內均開設有介紹專家系統概念與實作的相關課程，但是主要仍集中於理工方面的科系，爲求能與農業界中各專業領域專家進行有效率的溝通，俾便整理專家們所提供的經驗與知識，仍然需大量培訓熟悉各專業領域的知識工程師。

表一、整合型農業專家系統中知識與基本資料庫國內可能來源參考表。

資料名稱	出版單位/網址
農業圖鑑	
台灣地區常見之作物營養障礙圖鑑	中興大學/農林廳/中華土壤肥料學會
蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑	農試所
空氣污染物對作物危害徵狀圖鑑	農試所
病害診斷與作物保健	農試所
台灣草坪雜草彩色圖鑑	藥試所
新興蔬菜之開發與利用	農試所
技術手冊	
作物施肥手冊	農委會/農林廳
植物保護手冊	農委會/藥試所
八萬農業建設大軍訓練教材（技術類）	農委會/農林廳
農業推廣教育教材	農委會/農林廳
農技專刊/專訊	各地區改良場
雜誌/書籍	
農業世界	農業世界雜誌社
興農	興農雜誌社
台灣花卉園藝	財團法人台灣區花卉發展協會
台灣農家要覽	豐年社
電子資料庫	
國土資訊系統資料庫	http://ngis.moi.gov.tw/database/database.htm
重要農作物栽培技術	http://www.tpg.gov.tw/tdais/cultivate/important.html
農作物病蟲害防治資料庫	http://www.ppc.tari.gov.tw/植物保護/indexnew.html
植物保護手冊	http://www.tactri.gov.tw/
農業產銷班資訊服務網	http://farm.coa.gov.tw/
農產運銷資訊網	http://www.amis.gov.tw/

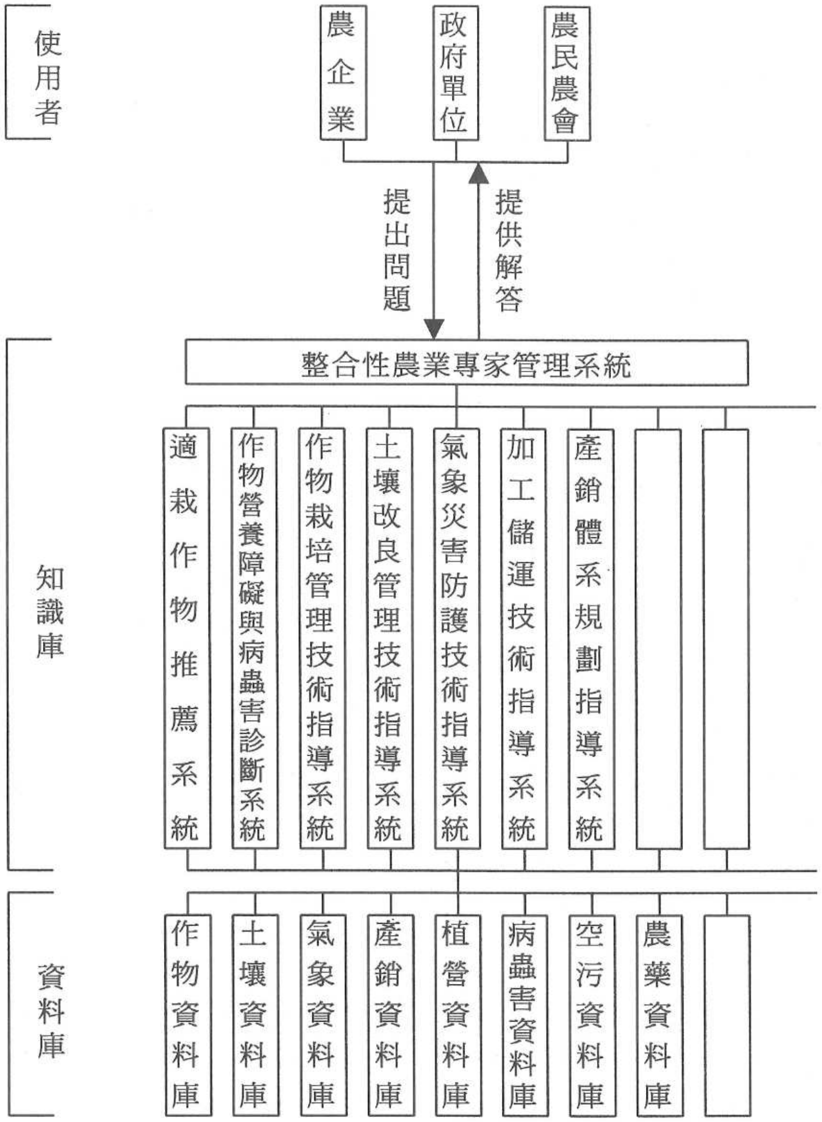
註：本表僅列出初步搜尋結果，個人型研究成果也未列入。

肆、整合型農業專家系統的初步建置構想

農業生產並非單純的問題，若擬發展真正能有效協助解決農業生產問題的農業專家系統，則必須能包含多方面專家的經驗與知識，以及相關的基本資料庫，爲使日後必定會逐漸發展出的各特定目標專家系統具有相容性，又能減少對建置基本資料庫的重複投資，最好在發展之初即朝向建置整合型農業專家系統的方向進行，以便未來能有效整合各類具有特定目標的專家子系統(圖六)。

基於對農業以往研究成果和未來發展趨勢粗淺的瞭解與認知，擬提議先建置兩個專家子系統，分別爲適栽農作物的推薦系統，和作物營養障礙與病蟲害的診斷

系統。適栽農作物推薦系統的目標在提供具有競爭力的作物名單供農民選擇，以因應加入 WTO 後農業轉型的需求；作物營養障礙與病蟲害診斷系統則以能準確判釋造成作物生育障礙的因子爲目標，以期能降低誤診的機率，並提供正確之施肥和噴藥等管理措施的建議。此兩子系統除各有其實用的意義外，也有相當數目的領域專家可提供其累積的經驗和知識，建置過程中所累積的開發經驗和設置的基礎資料庫，也將成爲繼續建置整合型農業專家系統之重要基礎。



圖六、整合型農業專家管理系統發展架構示意圖。

就適栽作物推薦系統而言，將必須能依據作物和當地氣候與土壤之特性、土壤改良和硬體設備之投資、遭受氣象災害損失的風險評估、以及市場價格等因素，提供具潛力的作物的評比名單。因此認知到該系統至少應包含以下所述之有關作物、氣候、土壤、產銷等方面的基本資料庫與專家知識庫。在作物之基本資料庫方面，需儘可能含括多種作物有關主要產地、用途、生育期長、可能產量、適合作物生長之氣候與土宜條件、作物遭受氣象災害逆境之條件、以及基本栽培管理措施需求等資料，以做爲作物推薦的基礎，此資料庫可以經由專家訪談及收集國內外出版之作物相關資料之方式建立。在氣候基本資料庫方面，應可靈活提供當地在作物生長期內氣候特性之平均值與極端值，以及相關氣象災害發生之機率等資料，以供評估作物能否適合當地之氣候，此資料庫可利用中央氣象局、水資源局、農業氣象觀測網、…等單位長期累積的氣象資料，予以面化後建立。農業試驗所、水土保持局等單位所建置之土壤資料庫雖可提供當地土壤的一般特性，但最好仍能輔以現場的調查資料。作物產銷資料庫中將收集有關作物之種植面積、產期、價格、…等資訊，可經由國內外相關之產銷資訊網收集相關資料建置。在知識庫方面應包含土壤改良技術、氣象災害風險評估、栽培管理措施難易、經濟分析、…等方面的知識與經驗。整個系統將必須做到能依據作物和當地氣候與土壤之特性、土壤改良和硬體設備之投資、遭受氣象災害損失的風險評估、以及市場價格等因素，提供具潛力之作物的評比名單。

就作物營養障礙與病蟲害診斷系統而言，將必須可以區別作物生育過程中因營養缺乏或過量、病蟲害、或空污傷害所產生之傷害，並提出因應的對策，因此需包含氣象、土壤、植物營養、病蟲害、空污傷害以及肥料和農藥等方面的基本資料庫與專家知識庫。氣象資料庫需能提供當地近期內的氣象資料，如溫度、濕度、雨量、風向、…等變化的情形，此資料庫最好能與中央氣象局的即時系統連線，以提供必要之最新資料。土壤資料庫應能提供當地土壤特性的背景資料，植物營養、病蟲害、和空污傷害資料庫則應提供各類型傷害的圖鑑資料，以協助現場辨識之用。肥料和農藥基本資料庫中，則存放所適用的病症、用量、與用法的基本資料，以協助列出因應對策。在知識庫方面，則應包含由相關領域專家所提供的診斷知識與經驗。在診斷過程中，必然包含許多有關田間作物出現之病徵、顏色、…等變化的問題，此時應儘可能利用基本資料庫中所存放的圖鑑資料，以降低因個人認知差異所導致的誤判可能性。

伍、結　　語

專家系統具有整合、累積領域專家之知識與經驗的功能，未來將被普遍接受與應用，並成爲一種重要工具。及早開始籌畫建置整合型的農業專家系統，除可儘早有系統的永久保存農業界各領域專家們長

期累積的知識與經驗外，在發展過程中所培養之各專業領域的知識工程師和建置的基本資料庫，對於未來發展其他各種不同功能之農業相關專家系統時，將可收事半功倍和相得益彰的功效。

在相關專家系統之發展過程中，亦可讓參與人員清楚明瞭目前研究成果不足之處，進而發掘在其專業領域中值得繼續努力的研究方向。以農業氣象研究爲例，除了傳統之生物氣象研究方向外，對於氣象資料整理、氣象災害防護、氣象災害監測、設施微氣象環控、…等方向之研究，將可在氣象方面提供建置專家系統必要的基本資料與專業知識。

在國內農業面臨加入世界貿易組織(WTO)後之國際競爭壓力，以及強調發展知識經濟的二十一世紀初期，若能儘速開發具整合性功能的農業專家系統，應可顯著提升現場推廣人員的服務品質與水準，協助農民開發與生產高品質的作物，以增加生產收益。除有利於增強我國農產品在加入世界貿易組織(WTO)後的競爭力，並可提高農地農用的誘因，避免農地荒廢損毀，將有助於我國農業的永續發展，和所有國民繼續享用農業提供之生態與生活的機能。

陸、參考文獻

李家祺。1989。人工智慧與專家系統。松崗。pp. 612。

謝明興。1987。專家系統。松崗。pp. 631。

錢曉虎。2001。中國智能農業領域專家趙春江：讓電腦幫農民種庄稼。http://www.pladaily.com.cn/big5/pladaily/2001/03/19/20010319001108_IT.html

農委會。2001。邁進二十一世紀農業新方案。http://www.coa.gov.tw/policy/21th_project/21th_coa.htm。

Barrett J. R. and D. D. Jones. 1989. *Knowledge Engineering in Agriculture*. ASAE monograph No. 8. ASAE.

Bourbakis, N. G. 1993. *Knowledge Engineering Shells: Systems and Techniques*. World Scientific.

Clark, N. D., J. A. Stone and T. J. Vyn. 1990. Conservation tillage expert system for southwestern Ontario: Multiple experts and decision techniques. AI Applications 4: 78-84.

ECOCROP1. 2001. http://www.clues.abdn.ac.uk:8080/directory/Crop/Crop15.html

Hackett, C. and J. Carolane. 1982. *Edible Horticultural Crops*. Academic Press.

Lauer, J. G. 1995. SELECT!: crop variety selection software for microcomputers. J. Prod. Agric. 8: 433-437.

Lemmon, H. E. 1986. COMAX: An expert system for cotton crop management. Science 233:29-33.

Martin, J. and S. Oxman. 1988. *Building Expert Systems*. Prentice-Hall. pp.457.

Michalski, R. S., Davis, J. H., Bisht, V.S. and Sinclair, J. B., 1982. PLANT/*ds: an expert consulting system for the*

diagnosis of soybean diseases. Proc. European Conference on Artificial Intelligence, Orsay, France, July: 133--138.

Pagano, A. and M. Monari. 1990. AgrES - an expert system for wheat fertilization. Proc. 3rd Int. Congress for Computer Technology (Integrated Decision Support Systems in Agriculture – Successful Practical Applications), Frankfurt, Germany, pp. 199-204.

Plant, R. E., F. G. Salom, J. A. Young and R. E. Rice. 1989. CALEX/Peaches, an expert system for the diagnosis of peach and nectarine disorders. HortScience 24: 700.

Plant, R. E. and N. D. Stone. 1991. *Knowledge- Based Systems in Agriculture*. McGraw-Hill.

Rao, J. P. 2001. Expert systems in agriculture. http://www.manageagri.com/managelib/Faculty/PanduRanga.htm。

Roach, J. W., R. S. Virkar, M. J. Weaver, M. J. and C. R. Drake. 1985. POMME: a computer-based consultation system for apple orchard management using Prolog. Expert System 2:56-69.

Shen, Y. and T. C. Yang. 1991. Soil expert diagnosis system. Proc. Int. Seminar on the Application of Computer in Agricultural Technology. Taichung, Taiwan. 24-1~24-13.

Thomas, M. B., J. H. Crane, J. J. Ferguson, H. W. Beck and J. W. Noling. 2001. Two computer-based diagnostic system for diseases, insect pests, and physiological disorders of citrus and selected tropical fruit crops. http://www.cieer.org/mthomas/papers/hortech.html.

Tuthill, G. S. 1993. *Knowledge Engineering: Concepts and Practices for Knowledge-Based Systems*. TAB Professional and Reference Books.

Thieme, R. H., J. W. Uhrig, R. M. Peart, A. D. Whittaker and J. R. Barrett. 1987. Expert system technique applied to grain marketing analysis. Computers and Electronics in Agriculture 1: 299-308.

Thomas, M. B., H. W. Beck, J. H. Crane, J. J. Ferguson and J. W. Noling. 1995. A computer-based diagnostic system for diseases, disorders and pests of subtropical and tropic fruits. HortScience 30: 758.

Chapter 4 Integrated Agricultural Expert Management System and Agricultural Production

Yuan Shen

Department of Soil and Environmental Sciences
National Chung-Hsing University

ABSTRACT

Expert systems, being capable of integrating and accumulating the knowledge and experiences of domain experts, will gradually be applied in many agricultural activities requiring decision-making. In this paper, practical values of developing agricultural expert systems were first discussed. Basic concepts, ideal structures, and current stands of expert systems were also described. Finally, a basic frame regarding developing an integrated agricultural expert management system was proposed. When designing the research direction for the new era, the development of an integrated agricultural expert management system is worth of sincere consideration.

Key words: Crop production, Soil and fertilizer, Plant protection, Agricultural meteorology, Expert system, Database.